

Patent Office
Japanese Government

#2
P. 620
07/11/01

J1046 U.S. PTO

09/823638



03/30/01

This is to certify that the annexed is a true copy of the following
application as filed with this office.

Date of Application : May 18, 2000

Application Number : P2000-152663

Application (s) : Hitachi, Ltd.

Dated this 27th day of October 2000

Kozo Oikawa
Patent Office

Certificate No. 2000-3088592

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

#2
P. Allen
07/11/01

J1046 U.S. PTO
09/823638



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 5月18日

出願番号

Application Number:

特願2000-152663

出願人

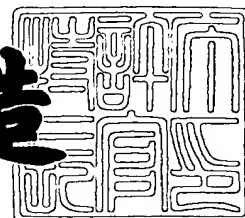
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2000年10月27日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3088592

【書類名】 特許願
【整理番号】 D99010951A
【提出日】 平成12年 5月18日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G06T 7/00
【発明の名称】 欠陥分類方法及びその装置
【請求項の数】 23

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

【氏名】 中垣 亮

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

【氏名】 高木 裕治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

【氏名】 小原 健二

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立製作
所計測器グループ内

【氏名】 小沢 康彦

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立製作
所計測器グループ内

【氏名】 黒崎 利榮

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立製作

所計測器グループ内

【氏名】 平井 大博

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 欠陥分類方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法であって、

被検査対象を撮像し、

該撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、

該抽出した欠陥候補の画像を第 1 のカテゴリで分類し、

前記抽出した欠陥候補の画像を第 2 のカテゴリで分類し、

前記抽出した欠陥候補の画像と該欠陥候補に関する前記第 1 のカテゴリによる分類の情報と前記第 2 のカテゴリによる分類の情報とを同一の画面上に表示することを特徴とする欠陥分類方法。

【請求項 2】

前記被検査対象を撮像することを、該被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査し、該照射により被検査対象から発生する 2 次電子を前記走査と同期させて検出することにより行うことを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類方法。

【請求項 3】

前記第 1 のカテゴリまたは前記第 2 のカテゴリのいずれかが、欠陥の致命性に関するものであることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類方法。

【請求項 4】

前記第 1 のカテゴリまたは前記第 2 のカテゴリのいずれかが、欠陥の種類であることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類方法。

【請求項 5】

前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線ショート欠陥、配線オープン欠陥を含むことを特徴とする請求項 3 記載の欠陥分類方法。

【請求項 6】

被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法であって、

被検査対象を撮像し、
該撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、
該抽出した欠陥候補の画像を欠陥の種類毎に分類し、
該種類毎に分類したそれぞれの欠陥候補の致命性を判定し、
前記欠陥候補の画像を前記欠陥の種類と前記致命性に関する情報とともに画面上に表示する
ことを特徴とする欠陥分類方法。

【請求項 7】

前記被検査対象を撮像することを、該被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査し、該照射により被検査対象から発生する 2 次電子を前記走査と同期させて検出することにより行うことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥分類方法。

【請求項 8】

前記分類する欠陥の種類として、前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線ショート欠陥、配線オープン欠陥を含むことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥分類方法。

【請求項 9】

被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法であって、

被検査対象を撮像し、
該撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、
該抽出した欠陥候補の画像を第 1 のカテゴリで分類し、
前記抽出した欠陥候補の画像を第 2 のカテゴリで分類し、
前記第 1 のカテゴリで分類した前記欠陥候補の前記被検査対象上の分布と前記第 1 のカテゴリによる分類の情報と前記第 2 のカテゴリにより分類した結果の情報とを同一の画面上に表示する
ことを特徴とする欠陥分類方法。

【請求項 10】

前記被検査対象を撮像することを、該被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査し、該照射により被検査対象から発生する 2 次電子を前記走査と同期

させて検出することにより行うことを特徴とする請求項 9 記載の欠陥分類方法。

【請求項 1 1】

前記画面上に、更に前記欠陥候補の画像を表示することを特徴とする請求項 9 記載の欠陥分類方法。

【請求項 1 2】

前記画面上に表示する第 2 のカテゴリにより分類した結果の情報が、前記被検査対象の予測歩留りに関する情報であることを特徴とする請求項 9 記載の欠陥分類方法。

【請求項 1 3】

被検査対象を撮像する撮像手段と、

該撮像手段で撮像して得た画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、

該欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第 1 のカテゴリに分類する第 1 のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第 2 のカテゴリに分類する第 2 のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補の画像と前記第 1 のカテゴリ分類手段で分類した前記欠陥候補の第 1 のカテゴリ情報と前記第 2 のカテゴリ分類手段で分類した前記欠陥候補の第 2 のカテゴリの情報とを出力する出力手段とを備えたことを特徴とする欠陥分類装置。

【請求項 1 4】

前記撮像手段は、前記被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査する電子ビーム光学系手段と、該電子ビーム光学系手段により電子ビームが照射された被検査対象から発生する 2 次電子を前記走査と同期させて検出する検出手段と、該検出手段で検出した 2 次電子の信号に基づいて前記被検査対象の 2 次電子像を形成する画像形成部とを備えていることを特徴とする請求項 1 3 記載の欠陥分類装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 のカテゴリ分類手段または前記第 2 のカテゴリ分類手段のいずれかが

、前記欠陥候補を欠陥の致命性に関するカテゴリに分類することを特徴とする請求項 1 3 記載の欠陥分類装置。

【請求項 1 6】

前記第 1 のカテゴリ分類手段または前記第 2 のカテゴリ分類手段のいずれかが、前記欠陥候補を欠陥の種類に関するカテゴリに分類することを特徴とする請求項 1 3 記載の欠陥分類装置。

【請求項 1 7】

前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線ショート欠陥、配線オープン欠陥を含むことを特徴とする請求項 1 6 記載の欠陥分類装置。

【請求項 1 8】

被検査対象を撮像する撮像手段と、

該撮像手段で撮像して得た前記被検査対象の画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、

該欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第 1 のカテゴリに分類する第 1 のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第 2 のカテゴリに分類する第 2 のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補の画像と前記第 1 のカテゴリ分類手段で分類した前記欠陥候補の前記被検査対象上の分布と前記第 1 のカテゴリ情報と前記第 2 のカテゴリ分類手段で分類した結果の情報とを同一の画面上に出力して表示する出力手段とを備えたことを特徴とする欠陥分類装置。

【請求項 1 9】

前記撮像手段は、前記被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査する電子ビーム光学系手段と、該電子ビーム光学系手段により電子ビームが照射された被検査対象から発生する 2 次電子を前記走査と同期させて検出する検出手段と、該検出手段で検出した 2 次電子の信号に基づいて前記被検査対象の 2 次電子像を形成する画像形成部とを備えていることを特徴とする請求項 1 8 記載の欠陥分類装置。

【請求項 20】

前記第1のカテゴリ分類手段は、前記欠陥候補を欠陥の種類で分類することを特徴とする請求項18記載の欠陥分類装置。

【請求項 21】

前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線欠陥、電位コントラスト欠陥を含むことを特徴とする請求項20記載の欠陥分類装置。

【請求項 22】

前記第2のカテゴリ分類手段は、前記欠陥候補を、欠陥の致命性で分類することを特徴とする請求項18記載の欠陥分類装置。

【請求項 23】

前記出力手段は、前記第2のカテゴリ分類手段で分類した結果の情報として、製品の歩留りに関する情報を前記画面上に出力することを特徴とする請求項18記載の欠陥分類装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体製品の製造工程において、半導体ウェハの欠陥を検出し、その検出した欠陥を分類する方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体製品の製造工程においては、高い製品歩留まりを確保するために、その製造工程で発生する各種の欠陥を早期に発見し対策を行うことが必要である。これは通常の場合、以下のステップにより行われる。(1) 検査対象となる半導体ウェハを、ウェハ外観検査装置もしくはウェハ異物検査装置等により検査し、発生した欠陥や付着した異物の場所(ロケーション)を検出する。(2) 検出された欠陥を観察し(これをレビューと呼ぶ)その欠陥をその発生原因別に分類する。尚、このレビュー作業は、通常欠陥部位を高倍率で観察するための顕微鏡などを持つレビュー専用装置が用いられるが、レビュー機能を備えた他の装置例えば外観検査装置等を用いる場合もある。(3) 各原因ごとにその対策手段を講じる

【 0 0 0 3 】

検査装置により検出される欠陥数が非常に多い場合には、上記レビュー作業は大変な労力を必要とすることから、欠陥部位の画像を自動撮像し欠陥画像を自動で収集する自動レビュー (Automatic Defect Review) 及び、収集された画像を自動で分類する欠陥自動分類 (Automatic Defect Classification) の機能を有するレビュー装置の開発が近年盛んである。特開平10-135288には、このような自動レビューおよび欠陥自動分類機能を有するレビュー装置および製造システムについて開示されている。本従来技術では、分類カテゴリや各カテゴリに属する欠陥の情報等を教示データとして予め登録しておく。そして自動分類時に、各欠陥の帰属カテゴリがその教示データを参照して決定される。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし上記の従来技術では、分類すべきカテゴリを教示データとして保持しておくことが前提となっている。教示データの作成には、各カテゴリに属する欠陥の欠陥画像を収集し画像処理により特徴量を計算しそのデータを登録する必要がある。そのため教示データの作成に労力および時間を要するという問題があった。

【 0 0 0 5 】

ところで、発生する欠陥はそのすべてが最終製品の良品・不良品の判定に影響を与えるとは限らない。例えば、パターンの表面に異物が付着していても、その変化が回路の電気的特性に影響を与えないならば、この付着異物が不良品の原因になると断定することができない。上記の従来技術では、各欠陥を、付着異物、パターンの欠けといった欠陥の外観別にカテゴリ分類しており、この結果欠陥の発生原因の対策に有用な情報が得られるものの、その欠陥が製品にとって致命的であるのか否かの判定や、製品に致命となる欠陥の発生状況の調査や、その結果を用いたそのウェハからの取得される良品の数の予測（歩留まり予測）を行うことができないという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、上記従来技術における課題を解決して、欠陥の発生原因の特定に有用な情報を与えるための欠陥分類とは別個に欠陥の致命性に関する情報を与えるための欠陥分類を行い、それらの情報を出力する欠陥の自動分類方法及びその装置を提供することに有る。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法において、被検査対象を撮像し、この撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、この抽出した欠陥候補の画像を欠陥の種類毎に分類し、この種類毎に分類したそれぞれの欠陥候補の致命性を判定し、欠陥候補の画像を欠陥の種類と致命性に関する情報とともに画面上に表示するようにした。

【 0 0 0 8 】

また、本発明では、欠陥分類装置を、被検査対象を撮像する撮像手段と、この撮像手段で撮像して得た画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、この欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第1のカテゴリに分類する第1のカテゴリ分類手段と、欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第2のカテゴリに分類する第2のカテゴリ分類手段と、欠陥候補の画像と第1のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第1のカテゴリ情報と第2のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第2のカテゴリの情報とを出力する出力手段とを備えて構成した。

【 0 0 0 9 】

【発明の実施の形態】

以下本発明の実施の形態について具体的に説明する。

【 0 0 1 0 】

図1は、半導体の欠陥検査システムの構成を示している。半導体ウェハはその製造工程で生じる欠陥や付着する異物を検出するために外観検査装置101や異物検査装置102を用いて検査される。以降の説明では、これらの欠陥検査を行う装

置を総称して検査装置と呼ぶこととする。

【0011】

検査装置ではウェハの表面に形成されるパターンの不具合、例えばパターンの断線（オープン）やそのパターンとその隣接パターンとの短絡（ショート）や、表面に付着した異物が検出され、検査結果としてそのウェハ内での各欠陥の座標位置が出力される。出力される検査結果は検査装置よりフロッピーディスクなどの記憶媒体を経由してまたはネットワーク103を経由してデータベース104に格納される。データベース104では製造されるさまざまな品種およびそれらの各製造工程での検査データを保持し、必要に応じて製品毎や工程別、製造ロット別などの検査結果データを取り出すことが可能である。

【0012】

次に、検出された欠陥の内容を調べるために、欠陥の観察作業（レビュー作業）が行われる。

【0013】

レビュー装置105には、通常の場合微小な欠陥の観察を行う為の光学式顕微鏡又は電子線式の電子顕微鏡が搭載されている。また、レビュー装置はウェハを装着するステージを有し、オペレータが検査結果の中から観察したい欠陥を選び指定すると、その欠陥が顕微鏡の観察視野内に入るように自動でステージが移動する機能を持つ。なお、レビューはこの様なレビュー専用装置ではなく、上記のレビュー機能を有する外観検査装置を用いることもある。

【0014】

レビュー装置105には、外観検査装置により検査が終了した半導体ウェハがセットされ、その検査結果がネットワーク103を通じてデータベース104より読み込まれる。人手によりレビューを行う場合は、通常の場合オペレータがキーボードやマウスなどの入力手段から観察した欠陥を指定し、その欠陥を顕微鏡により観察する。オペレータは目視によりその欠陥の属性（カテゴリ）を判断しそのコード等を入力する。

【0015】

レビュー装置105において、各欠陥に設定されたカテゴリコードは、ネットワ

ーク103を通じデータベース104に記憶される。このカテゴリコードを利用することにより、製品別、工程別、時期別などで見たカテゴリ毎の欠陥数等の欠陥の発生状況を把握し欠陥原因対策に必要なデータを得ることができる。なお、上記のレビュー作業を人手で行う場合は、これらの作業が多大な時間と労力を必要とすることから、検査装置が検出した欠陥のすべてに対して行うのではなく何らかの方法により観察する欠陥を一部の欠陥に絞りその欠陥のみを対象として行うのが通常である。

【 0 0 1 6 】

ところで、近年上記で説明した観察欠陥の指示、ステージの移動、欠陥部位の画像の取得を連続的に自動で行う自動レビュー機能(Automatic Defect Review 以下ADR)を備えたレビュー装置が開発されている。また、この自動レビューによる欠陥部位の画像データを用いてその欠陥カテゴリを自動判定し出力する欠陥自動分類(Automatic Defect Classification 以下ADC)機能を有するレビュー装置が開発されている。以下の説明では、レビューのための画像撮像装置として数nm(ナノメートル)の高解像度での欠陥撮像が可能なSEM(Scanning Electron Microscopy)を用いたレビュー装置を例に用いることにするが、光学式の顕微鏡を用いたレビュー装置にもその内容を適用することが可能である。

【 0 0 1 7 】

図2は、ADRの処理フローの1例を示している。まず、レビュー装置のステージに検査ウェハが搭載され、検査結果が読み込まれる。次にオペレータがADRする欠陥を検査装置から得た検査結果の中から選び指定する。ADRのスループットが高速でかつ、検出された欠陥データが少ない場合は、全欠陥をADRすることができる。

【 0 0 1 8 】

レビュー装置は、指定された欠陥の中から一つを選択し概欠陥位置が観察系の視野内に入るようにステージを移動させる。そして画像撮像のために最適となるフォーカスが設定され画像が撮像される。この画像を欠陥画像と呼ぶこととする。撮像された欠陥画像はレビュー装置内の記憶媒体(例えば磁気ディスク)に記憶される。

【 0 0 1 9 】

次に、ステージを移動させウェハ内の欠陥部位が存在する半導体チップに隣接するチップの同部位の画像を撮像する。この部位は欠陥部位と同じパターンが形成された部位であり、この画像を欠陥画像に対する参照画像と呼ぶこととする。参照画像もレビュー装置内の記憶媒体に記憶される。参照画像の撮像が終わると、次の欠陥に対し上で述べたのと同様に欠陥画像及び参照画像の撮像が行われる。これらの処理はADRすべき全欠陥だけ繰り返された後終了する。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、ADC処理の流れの 1 例を示している。ADCはADRで取得した欠陥画像と参照画像を用いてその欠陥のカテゴリを自動決定する処理である。まず欠陥画像と参照画像から欠陥部位を特定する。具体的には、欠陥画像と参照画像を差演算することで差画像を生成する。この結果、欠陥画像と参照画像で違いがある部位のみが差画像に現れ、この部位が欠陥部位を表す。次のこの差画像及び欠陥画像及び参照画像を用いて欠陥の特徴量を計算する。特徴量とは欠陥の大きさや形状、画像上のコントラストなどを数値で定量的に表現したものである。次に特徴量データを用いて欠陥カテゴリを決定する自動分類処理が行われる。

【 0 0 2 1 】

自動分類処理のためには、通常教示データが必要になる。これはレビュー装置に対し分類すべきカテゴリを教示することで作成されるデータである。この教示データの作成のためには、先ず、分類すべきカテゴリのサンプル欠陥を事前に複数毎収集する。次にそれらの教示サンプルに対し自動分類に用いるのと同じ特徴量を計算する。そして分類カテゴリ毎にこれらの特徴量を記憶する。この分類カテゴリとは、例えば、異物欠陥、傷欠陥、パターンショート、パターンオープンなどの様に、その欠陥の外観の違いから定義されるカテゴリである。

【 0 0 2 2 】

自動分類処理時には、分類対象欠陥の特徴量データが教示データに記憶された各分類カテゴリの特徴量にどれだけ類似しているかが計算され、最も類似していると判定された欠陥カテゴリがその分類対象欠陥のカテゴリとして出力される。この類似度の計算の 1 手法として、従来技術である特開平10-135288に開示され

た方法を挙げることができる。

【 0 0 2 3 】

図 1、2、3 に示した従来の技術による ADR、ADC では以下の問題がある。まず、分類すべきカテゴリが、欠陥の外観を基準として定義されていることにある。欠陥の外観が異なればその発生原因が異なることが考えられるため、欠陥の外観によりカテゴリ分類することで欠陥の原因対策を援用できるからである。

【 0 0 2 4 】

しかし、この方法だと ADR 及び ADC の目的として近年要求の高まっている歩留まり予測を実現することができない。歩留まり予測とは、現在の検査ウェハからどれだけの良品が取得できるかを予測することを意味する。半導体製造プロセスは数多くの工程からなっており、検査の結果そのウェハ上に致命欠陥が多く存在している場合は、そのウェハを廃棄し新たに製造し直すほうが結果的に低コストになる場合がある。

【 0 0 2 5 】

ここで「致命欠陥」とは、その欠陥が存在するチップを最終的に不良品にする欠陥をいうものとする。この歩留まり予測の結果と、製造すべき製品の個数および納期を突き合わせることで、次に着工を開始する製品の数を決定することができる。この目的のためには ADR、ADC により各欠陥の致命性を自動判定しそのウェハの製品歩留まりを予測することが必要になる。この致命性をもとにしたカテゴリ分類とは上記の欠陥外観によるカテゴリ分類とは別の尺度によるものである。

【 0 0 2 6 】

また従来の技術による ADC では、教示データの作成が必須となっている。分類の正解率を高くするためには、さまざまなバリエーションのサンプル欠陥を多量に収集し登録しておく必要がある。しかし半導体の製品サイクルの短期化が近年著しく、十分なサンプル欠陥の収集に時間を割くことは困難であるのが現実である。以上に述べたことから、欠陥の外観による分類と欠陥の致命性という異なる基準による自動分類を実現しかつ教示データの作成の労力を必要としない ADR、ADC 機能が必要であり、これらの課題を解決するための本発明を以下に説明する。

【 0 0 2 7 】

図 4 は、本発明にかかる画像自動分類装置による分類処理のシーケンス、図 5 (a) は本発明にかかる画像自動分類装置の全体構成を、図 5 (b) は画像撮像部の構成を示したものである。

【 0 0 2 8 】

本装置は、画像撮像部501、全体制御部502、画像分類部503、画像記憶部 504、入出力部505からなる。まず、対象ウェハ551がステージ552に搭載され、また当該ウェハについての検査結果がをを通じて全体制御部502に読み込まれる。次に検査結果の欠陥の中からオペレータがADRを行う欠陥を入出力部505を通して任意の数指定する。指定された内容は全体制御部502に記憶される。

【 0 0 2 9 】

ADRが開始されると、ADR対象の各欠陥について装置の視野内に欠陥が位置決めされるようにステージが移動し欠陥部位の画像が撮像される。

【 0 0 3 0 】

図 5 (b) は電子線式の画像撮像系を示している。553電子銃より照射された電子ビーム555は、集束レンズ554によって集束され、また、偏向器556によりその軌道が図中X及びY方向に走査され、対物レンズ562によって集束され、試料ウェハ551に照射される。

【 0 0 3 1 】

電子ビームが照射された試料表面からは2次電子や反射電子（以後、これらを総称して、2次電子という）が発生し、この2次電子が検出器A、B、C、D(557～560)によりそれぞれ検出される。検出された2次電子はその強度が電気信号に変換、そして増幅された後、その強度が明るさを表すような画像信号に変換され入出力部505に表示もしくは、デジタルデータに変換されて画像記憶部504へ記憶される。

【 0 0 3 2 】

検出器としては、試料の上方に検出器A 557及び検出器B 558、また試料に対し斜め方向に検出器C 559、検出器D 560 が設けられている。図中検出器C559、検出器D 560は試料に対し180度正対する位置におかれているがその角度が180度で

あることは必須ではない。検出器A 557では、電子ビーム555が試料ウェハ551に照射されることにより、試料ウェハ551から発生した2次電子が検出される。図中Z方向へ放出された2次電子は、偏向器556の上方に設けたE×B偏向器（図示せず）の磁界及び電界の作用によりその軌道が検出器A 557の方向に曲げられて検出される。検出器Aでの撮像画像を、以降では「2次電子画像」と呼ぶこととする。

【0033】

また、検出器A 557と検出器B 558の間には、電位差 V_f を持つエネルギーフィルタ561を設置する。この結果、試料より放出される2次電子のうちそのエネルギーが V_f より小さい二次電子は、フィルタを通過することなく検出器A 557により検出され、エネルギーが V_f より大きい2次電子はフィルタを透過し検出器B 558で検出することが可能となる。

【0034】

検出器B 558で検出された信号から得られる画像を「エネルギーフィルタ画像」と呼ぶこととする。このエネルギーフィルタ像では試料表面で生じる電位コントラストの違いによる欠陥を検出することが可能である。

【0035】

図7は電位コントラスト欠陥を説明したものである。この図は半導体製品の断面を示したものである。Si基板上にSiO₂膜が形成されその内部に、W（タングステン）によるプラグが形成されている。このプラグとSi基板との接触面積が正常である場合と、その接触面積がない場合（オープン欠陥）、プラグ同士が接続されたことにより接触面積が大きくなった場合（ショート欠陥）の様子が示されている。

【0036】

この様に接触面積の違いがあると、ウェハ表面から底面への電流経路（図中の点線）がそれぞれ異なることによりウェハ表面での電位が変化する。この電位の違いが発生する2次電子の強度に影響を与えることから、撮像された画像上で欠陥部と正常部をコントラストの違いとして検出することができる。

【 0 0 3 7 】

この電位コントラスト欠陥部と正常部の違いをより顕在化するために、各部位から発生する2次電子のエネルギー分布の違いを利用する。これは、比較的エネルギーが低い領域における2次電子強度は両者に差があまり見られないが、それより比較的高いエネルギー領域においては、正常部、欠陥部(オープンとショート)で、検出される2次電子強度に違いが見られるという事実を利用する。つまり、上記Vfをこれら2次電子強度の違いが顕在化されるようなエネルギー値に設定し、ある値より大きなエネルギーを持つ2次電子のみを検出器B 558で検出することで電位コントラスト欠陥を検出することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

検出器C 559、検出器D 560は試料表面から発生する2次電子画像をそれぞれ左右斜めの方向から検出する。検出器C 559、検出器D 560から検出される画像を本説明において「左右像」と呼ぶこととする。これは検出器A 557で検出される2次電子像が試料を上方から観察していることに対応するのにに対し検出器C 559、検出器D 560で得られる画像が試料をそれぞれ左右から観察したことに対応していることによる。

【 0 0 3 9 】

なお、各欠陥は、各検出器において撮像された各画像において同位置で撮像されるように位置決めされるものとする。つまり、各画像における画像内座標が同一の箇所は、実試料上でも同一の箇所を指す様に撮像されるものとする。また、ここでは各検出器での画像撮像が同時であるものとしているが、これは必須ではなくタイミングをずらして撮像しても構わない。

【 0 0 4 0 】

一般に、電子線画像を撮像すると、照射した電子が試料にチャージするチャージアップ現象が生じる場合がある。チャージアップすると、試料から出る2次電子等の強度分布が変化するため撮像画像がぼけてしまう場合がある。そこで、この様な場合は、試料に紫外線光を照射(紫外線光照射系は図示なし)し、チャージした電子を逃がすことを行えばよい。

【0041】

さらに、レビューSEMにおいてウェハを撮像する前に、電子線式の外観検査装置等により欠陥検査を行った場合には、その検査時でのチャージアップが、レビュー時の画像撮像に影響を与えることも考えられるが、そのような場合には、レビュー開始前に紫外線光により電子を逃がしておけばよい。

【0042】

上記の撮像手段により欠陥部位を撮像した後、ステージは、欠陥が存在するチップに隣接するチップの欠陥部位と同一のパタンを有する箇所に移動し同様にして画像が撮像される。この様な画像を参照画像と呼ぶこととする。検出器A、B、C、D(557~560)それぞれから参照画像が検出され欠陥画像と同様に画像記憶部504に記憶される。1つの欠陥につき欠陥画像と参照画像を撮像した後、次の欠陥の撮像が行われる。このシーケンスが、ADRすべき全欠陥について画像撮像が終了するまで繰り返される。

【0043】

図6は、画像分類部503で行われる欠陥の自動分類処理(ADC処理)のシーケンスを示している。このADCの処理はADRによる画像撮像処理に同期して行っても良いし非同期であってもよい。ADCでは、2つの異なる基準に基づく自動分類が行われ2つのカテゴリコードが出力される。その一方を本説明においてカテゴリズA、他方をカテゴリズBと呼ぶこととする。カテゴリズAは欠陥発生の外観的様子を基準として分類を行うカテゴリであり、カテゴリズBは欠陥の致命性を基準として分類を行うカテゴリである。先ずカテゴリズAの内容について説明する。

【0044】

図8は、カテゴリズAにおける分類カテゴリの一例を示している。カテゴリズAにおいては、自動分類によりこれらの中の一カテゴリに各欠陥が分類される。なお「その他」とは、それ以外のどのカテゴリにも属さない欠陥のためのカテゴリである。カテゴリズAでは、まず、①欠陥凹凸情報、②配線欠陥情報、③電位コントラスト欠陥情報、の3種の欠陥情報が各種撮像画像から計算され、次にこの欠陥情報を用いて分類が行われる。

【 0 0 4 5 】

図 9 は、欠陥のバリエーションによる表面凹凸の違いを示している。異物のように表面に付着したものは、その表面が凸になる。また、キズ欠陥では、表面がえぐり取られることにより凹になる。また、配線のショートやオープン（以下配線欠陥）については、凹凸がない。このような欠陥の状態を示す欠陥凹凸情報は、左右像を用いることにより定量化されたデータとして検出することが可能である。

【 0 0 4 6 】

図 1 0 は、異物、キズ欠陥、配線欠陥の左右像を模式的に描いたものである。異物のような凸欠陥とキズのような凹欠陥では、その陰影の生じ方が左右像で逆となる。また、表面が平坦な欠陥については、陰影は生じない。これは、同一方向から照明をあてたときの陰影のできる方向が逆になる現象と対応する。このことから、この陰影のできる方向と、欠陥画像と参照画像との差画像から得られる欠陥部位の位置情報を用いることで、該欠陥が、凸なのか凹なのかもしくはどちらでもないのかを判定することができる。これが欠陥凹凸情報である。

【 0 0 4 7 】

次に、配線欠陥情報を説明する。図 1 1 は、配線欠陥の例を模式的に示している。配線欠陥には、その配線パターン 1101 が切れるオープン欠陥、配線パターンが膨張し隣接するパターンとの接触をおこすショート結果がある。また、切れない程度にそのパターンが縮小する半オープン欠陥や、隣接パターンに接触しない程度にパターンが膨張する半ショート欠陥が存在する。これらの欠陥は以下に示す方法により検出することができる。

【 0 0 4 8 】

まず、2 次電子像の参照画像から配線部を認識する。図 1 2 は、配線認識方法の 1 例を示している。(a) は、配線部 1201 及び下地部 1202 の画像、(b) は、画像の信号強度の断面を表しており縦軸が画像の強度つまり明るさを表している。(b) より配線部が下地部に比べて明るいことがわかる。よって(b)に示すような位置にしきい値を設け、画像を 2 値化すれば、(c)に示す様に、下地部を白色、配線部を黒色として配線部を顕在化することができる。同様な処理を欠陥画像に対し

て行ったのが(d)である。

【0049】

欠陥画像と参照画像の配線画像、つまり(c)(d)を比較することで、配線欠陥情報を得ることが可能である。例えば、欠陥部位周辺について配線(図中黒領域)の間の接続関係を調べることで、その配線がオープンしているか又は他の配線と接触(ショート)しているかの判定を行うことができる。またこれら2つの配線画像の差画像を計算し、差として抽出された領域が、配線部であるのか下地部であるのかを調べることで、オープン/ショートの判定をすることができる。このような処理により得られる情報(配線オープン、配線半オープン、配線ショート、配線半ショート)が配線欠陥情報である。

【0050】

次に、電位コントラスト情報を説明する。画像撮像原理で説明した通り、エネルギーフィルタ画像を用いることで電位コントラスト欠陥を検出することができる。電位コントラスト欠陥は、ウェハの高さ方向のパターン(例えば、上層の配線と下層の配線とを接続する孔パターン)のショート/オープンをいうが、図13にその模式図を示す通り、ショート欠陥はエネルギーフィルタ画像上で正常部より明るく、オープン欠陥は正常部より暗く検出される。よって欠陥部の階調値を正常部と比較することで該欠陥がショートであるのかオープンであるのかを調べることができる。これが電位コントラスト欠陥情報である。

【0051】

1つの欠陥につき、上で説明した3種の欠陥情報が計算された後に、この情報を用いたカテゴリ判定がなされる。図14はこのカテゴリ判定の一例を説明したテーブルである。ここでは、見やすくするため凹凸情報と配線欠陥情報によるカテゴリ判定を行うためのテーブルを示している。テーブルでは、凹凸情報から得られる欠陥の属性(凸、凹、それ以外)と、配線欠陥情報から得られる属性(ショート、半ショート、オープン、半オープン)の関係を示している。

【0052】

テーブル内の各マス内に書かれている名称が判定カテゴリ名である。このカテゴリ名は、図8に示すカテゴリから選択される。このテーブルによれば、例えば

ある欠陥の凹凸情報が「凸」であれば配線欠陥情報が何であっても、その欠陥を異物と判定することになる。電位コントラスト情報についても同様に取り扱うことができる。

【0053】

つまり、このようなテーブルを用いることで、各種の撮像画像を用いて得られる欠陥情報の組み合わせから、最終のカテゴリを判定することができる。なお、このテーブルはその値を、本自動分類装置が導入される各半導体製造ラインに合わせて任意に変更することも可能である。この場合、オペレータは、入出力部505を通してそのラインで発生する欠陥やその製造プロセスに合わせてテーブルの内容を変更する。以上がカテゴリズAの説明である。

【0054】

次にカテゴリズBについて説明をする。カテゴリズBでは、該欠陥が製品に与える致命性の判定を行う。カテゴリズBでの判定カテゴリは、「致命欠陥」「非致命欠陥」の2つである。

【0055】

半導体製品は、その出荷前にLSIテストやメモリテストを使用してその電気的特性が検査される。製品検査の1手法としては、半導体チップのある端子からある入力信号を与え、他の端子から出力される信号をその期待される信号値と比較することで良品/不良品の判定を行う方法が挙げられる。不良となる原因はその電気的特性が良品と異なることによって発生するものであり、その大半が製造段階で生じる欠陥、特に配線パターンと他のパターンとの接触や、異物とパターンとの接触等を引き起こしているものに起因する。

【0056】

図15(a)(b)(c)は、致命欠陥の例を示した模式図である。(a)は、異物1501が複数の配線に跨っている様子を示している。この場合、異物1501により複数の配線が導通するおそれがあるためこの異物欠陥が電気的特性に対し致命となる場合が多い。(b)は、配線が隣接する配線とショートしておりこの場合も電気的特性に対し致命となるおそれがある。これは(c)に示すような配線オープン欠陥に対しても同様である。

【0057】

一方図15(d)(e)(f)は、非致命欠陥の例を示した模式図である。(d)の様に異物1501が付着しても、その位置がボタン領域からはずれていれば電気的特性に対し致命とはならない。また、(e)配線欠陥(半ショート)や、(f)配線欠陥(半オープン)であっても、その縮小した部分及び膨張した領域が微小であれば電気的特性に対し致命とはならない。

【0058】

これらの考え方を利用したカテゴライズBの分類処理を説明する。まず、一つ目にカテゴライズAの分類結果を用いるという方法を説明する。これはカテゴライズAで判定されたカテゴリに属する全ての欠陥が、カテゴライズBについて同じカテゴリに判定される場合である。例えば、ショート欠陥/オープン欠陥については「致命」、半ショート欠陥/半オープン欠陥については、「非致命」というように定義できる場合である。この様な場合は、カテゴライズAの各カテゴリに対し、「致命」「非致命」いずれかの属性を付与しておき、カテゴライズBの分類時に、その属性を参照することで自動分類が可能になる。なおこの属性は、入出力部505を通してオペレータが任意に設定出来るようにすることで柔軟な設定が可能になる。

【0059】

次に、カテゴライズAで同一カテゴリに属する欠陥が、カテゴライズBにおいて異なるカテゴリに分類される例について、異物欠陥を例に説明する。図16に、異物欠陥についての致命性判定処理のシーケンスを示す。

【0060】

まず、2次電子画像の欠陥画像と参照画像とを用いて、差画像処理により欠陥領域を特定する。図17に示す(a)欠陥画像と(b)参照画像とでその違いがある領域は(c)差画像上でバラバラに点在する可能性があるため、このバラバラの複数個のラベルから欠陥の領域を示すパラメータ例えば、ラベルを包含する最大の長方形エリア1701を欠陥領域として記憶する。

【0061】

次に、2次電子画像の参照画像から配線領域を認識する。この配線認識は、図

12に示すカテゴライズAにおける配線欠陥情報を得たのと同様の処理で行うことができる。そして認識された配線領域と、欠陥領域との重なり具合をみることで致命・非致命の判定を行う。

【0062】

図15(a)(d)に示す例では、配線部と異物領域とが近接していても接触していなければ「非致命」としたが、配線部と異物領域との距離を画像より計算し、この距離がある値よりも小さければ、つまり配線部と異物領域とがある距離より近い領域に存在していれば「致命」と見なすように変更することも可能である。また異物欠陥でなく、キズ欠陥であっても同様な処理により致命性判定を行うことができる。これがカテゴライズBの自動分類処理である。

【0063】

上記説明では、カテゴライズBを「致命」と「被致命」との2つに分類する場合について説明したが、更に細かく分類しても良く、また、「致命」または「被致命」をその度合い、即ち、「致命率」（致命となる確率）などで定義し分類してもよい。

【0064】

以上のように、ADCのシーケンスでは、カテゴライズA及びカテゴライズBでの自動分類により各欠陥に対し2つの異なるカテゴリが付与される。このシーケンスはADCすべき欠陥全てが終了するまで欠陥毎に繰り返される。

【0065】

これらカテゴライズA及びカテゴライズBは、教示データが無くとも自動分類することができる。すなわち、カテゴリの定義、カテゴリ毎のサンプル収集、教師データ登録からなる教示データ作成作業の削減も実現されている。

【0066】

次に、分類結果の表示例を示す。図18は、入出力部505において、カテゴリが付与された欠陥を表示した1例を示したものである。本図において、アイコン1801は欠陥画像を縮小して表示した画像を意味する。各アイコンに対し、カテゴリ表示エリア1802に検査装置により与えられた欠陥ID及びカテゴライズA、Bそれぞれでのカテゴリが表示されている。これらのアイコンがウィンドウ1803内に配

置されており、同一のウィンドウ内に配置されている欠陥は、同一のカテゴリに属することを意味する。図18では、各ウィンドウはカテゴリAでのカテゴリを表している。ウィンドウとしてカテゴリBのカテゴリを用いることも可能であり、両方の表示を互いに切り替えて表示することでオペレータの視認が容易になる。

【 0 0 6 7 】

また、図18の例では、ウィンドウ1803の上部とカテゴリ表示エリア1802にカテゴリAの項目が表示されているが、これは、何れか一方を表示するだけでもよい。

【 0 0 6 8 】

図19に分類結果表示の他の例を示す。ウェハマップ1901には、各欠陥のウェハ上の位置がマップで表示されている。また画像表示部1902には、オペレータがマップ上から指定した欠陥の画像が表示される。その欠陥についての複数種の画像（2次電子画像、左右像等）を並べて表示しても良い。

【 0 0 6 9 】

オペレータが、カテゴリ表示エリア1903において、任意のカテゴリを選択すれば選択されたカテゴリに対応する欠陥が、マップ上でハイライト表示され、カテゴリ毎の欠陥分布を確認することができる。グラフエリア1904には、カテゴリ別の欠陥数がグラフで表示されている。グラフエリア1904ではカテゴリA及びカテゴリBそれぞれのカテゴリについてのカテゴリ毎の欠陥数を表示すると共に、それらの組み合わせ（例えば、「異物」かつ「致命欠陥」）に当てはまる欠陥の数も表示することができる。

【 0 0 7 0 】

また、歩留まり表示エリア1905には、予測歩留まり値が表示される。予測歩留まりとは、カテゴリBの自動分類結果から、ウェハ全体のチップ数に対する良品と推定されるチップの数を表した数値である。各チップ毎に致命欠陥の有無を調べ致命欠陥が存在するチップを不良品チップ、存在しないチップを良品チップとすることで判断する。これにより、当該ウェハについての予測歩留まりが算出できる。

【0071】

また、欠陥カテゴリとその欠陥が発生する工程との間に予め相関関係があることがわかっている場合には、この画面において、欠陥が発生した工程の予測結果を表示することも可能である(図示なし)。

【0072】

たとえば、配線ショートの欠陥は、その直前のエッチング工程に問題があることが予めわかっている様な場合、ユーザがカテゴリ表示エリア1903において、マウス等のポインティングデバイスで、あるカテゴリを選択し、そのカテゴリ名から予測される欠陥発生工程を画面上に表示することができる。この際、1901ウェハマップ上に表示された欠陥点の内、ユーザに選択されたカテゴリに属する欠陥のみを他の欠陥と別の様態(色、記号等)で表示すれば、ユーザは、欠陥の発生工程とその欠陥が存在する位置情報とを、同時に把握することができる。

【0073】

なお、図19には、ウェハマップ1901、画像表示部1902、カテゴリ表示エリア1903、グラフエリア1904及び歩留り表示エリア1905の全てを画面上に同時に表示する例を示したが、本発明はこれに限るものではなく、上記5つの表示項目のうちのいくつかを組合わせて、または夫々を単独に、更には他の表示項目と組合わせて表示してもよい。

【0074】

例えば、ウェハマップ1901と歩留り表示エリア1905で一つの表示画面を構成してもよく、また、ウェハマップ1901とカテゴリ表示エリア1903、歩留り表示エリア1905とで一つの表示画面を構成しても良い。更には、ウェハマップ1901と画像表示部1902、歩留り表示エリア1905とで一つの表示画面を構成しても良い。

【0075】

また、画像表示部1902には、図18に示したように、欠陥の画像と欠陥のカテゴリ(カテゴリライズA、またはカテゴリライズBの何れか又は両方)とを表示してもよい。

【0076】

次に、本発明にかかる他の実施例について説明する。図20は、本発明にかかる画像自動分類装置におけるカテゴリ構成図である。ここでシステムカテゴリとは、前述の実施例におけるカテゴリライズAのカテゴリそのものを意味する。画像カテゴリとは、オペレータが任意に作成したカテゴリを意味する。システムカテゴリと画像カテゴリとの間の線は、カテゴリ同志のリンクを意味し、各画像カテゴリは、リンクを持つシステムカテゴリに含まれることを意味する。また、一つのシステムカテゴリは、複数の画像カテゴリとリンクをとるが可能である。このリンクにより、一つのシステムカテゴリが複数の画像カテゴリに細分化されていることになる。

【0077】

ここで、システムカテゴリを「異物」として画像カテゴリの例を示す。

【0078】

半導体製造工程で発生する異物は異なる原因で発生するものが複数種あり、それらに対しては異なる対策が取られることから、それらを分類することが必要となる。上述の実施例によるカテゴリライズAの分類では、そのような異物の種類までを分類することが不可能である。画像カテゴリはこの様な詳細な分類を行うためのカテゴリであり、オペレータにより定義されるものである。画像カテゴリの例として図21に示す黒異物、白異物という色の異なる2種の異物を例にとり画像カテゴリの使い方を示す。

【0079】

先ず、このような2種類の異物欠陥を分類するために、これらの教示データを作成する。つまり、上記「黒異物」「白異物」の画像サンプルとして、図21に示すような画像を夫々複数収集する。そして、カテゴリ毎に分類特徴量を計算し登録する。これにより、画像カテゴリ用の教示データが作成される。この特徴量とは、その異物外観を数値化したものであり例えば、画像の明るさ、欠陥部の面積等である。自動分類時には、カテゴリライズAの分類が実行された際に、そのカテゴリに画像カテゴリがリンクされていた場合には、そのリンクされたカテゴリの中でどのカテゴリに属するべきかを、教示データを参照して決定する。この様

にすることでカテゴリズAの分類、つまり欠陥の原因対策のための分類を高精度に行うことが可能になる。

【0080】

また、この画像カテゴリを用いてカテゴリズBの分類もより高精度に行うことが可能になる。先に説明した実施例では、異物が配線パターン間を跨ぐような場合にはそれが配線間の導通を引き起こすため「致命欠陥」と判定することとした。しかし導電性がない異物であればそれが複数の配線パターンを跨ぐ場合でも「非致命」と判断する必要がある。先の例で例えば「黒異物」が何らかのデータから、例えば元素分析の結果などから導電性が無いものとわかっていれば、この「黒異物」は、その異物の存在する位置に関わらず「非致命欠陥」と判定することが望ましい。

【0081】

これを実現するためには、教示カテゴリを定義した際に、そのカテゴリに属する欠陥が全て「致命欠陥」もしくは「非致命結果」と予めわかっている画像カテゴリに対し、致命・非致命的フラグを設定すればよい。この情報は自動分類の際特にカテゴリズBの自動分類で参照されることとなる。

【0082】

図22は、画像カテゴリを有するカテゴリ構造をもった場合の自動分類のシーケンスを説明したものである。

【0083】

まず、カテゴリズAが行われる。具体的には、撮像画像から、①配線欠陥情報、②凹凸情報、③電位コントラスト情報が計算され、カテゴリズAのシステムカテゴリが決定される。そして、決定されたシステムカテゴリにリンクが張られている画像カテゴリの有無を調べる。そして、そのような画像カテゴリがあれば、最も属していると思われる画像カテゴリを選び、これをカテゴリズAにより決定されたカテゴリとする。

【0084】

次にカテゴリズBが行われる。この際カテゴリズAにより画像カテゴリに分類された欠陥については、その画像カテゴリに致命性もしくは非致命フラグが設

定されているか調べ、設定されている場合は、そのフラグをカテゴリズBの分類結果とする。フラグが設定されていない場合、もしくはカテゴリズAの自動分類結果がシステムカテゴリの場合は、前述の実施例と同様にカテゴリズBがおこなわれる。

【0085】

図23は、画像カテゴリを教示した場合における自動分類結果の表示例を示している。図18と同様に、ウィンドウは一つのカテゴリを示す。本図では、ウィンドウはカテゴリズAのカテゴリを表示しており、画像カテゴリにリンクを持つカテゴリ（「異物」）は、その名称と画像カテゴリとが表示されており、画像カテゴリにリンクが張られていないシステムカテゴリ（図中ボタンショット）との違いを表している。

【0086】

一つのシステムカテゴリが複数個の画像カテゴリを有する場合は、図中「異物」カテゴリの様に、それらに属する結果がすべて同一のシステムカテゴリに属する旨を、視認しやすいように整列されて表示される。図18と同様に、図22の画面に対しても、カテゴリズBのカテゴリをウィンドウとする表示と切り替えることが可能である。

【0087】

以上、本発明の代表的な装置構成及び自動分類処理のフローを説明した。本説明では、欠陥部位の異なる特性（放出2次電子、反射電子、吸収電子のエネルギー及びその放出方向）を利用して撮像する4つの撮像検出系を用い、カテゴリズA、Bという2つの尺度の異なる分類を実現する例を述べたが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0088】

例えば、新たなカテゴリズ基準Cによる分類を導入すれば、3つの異なる分類を実現し表示することも可能である。カテゴリズCの1例として、欠陥サイズによる分類が挙げられる。この場合、欠陥サイズ毎に見た致命/非致命欠陥(カテゴリズBによる分類)の分布や、欠陥外観(カテゴリズAによる分類)の分布の対応を見ることができる。ここで欠陥サイズによる分類とは、例えばその欠陥

長径サイズを用いて、S($0.5\mu\text{m}$ 以下)、M($0.5\sim 1\mu\text{m}$)、L($1\mu\text{m}$ 以上)の様にグループ分けすることを意味する。この様に、異なる基準によるカテゴリズの種類を必要なだけ定義すれば、より欠陥の対策等に有用なデータを提供することが可能となる。

【0089】

なお、本発明の考え方は半導体製品のみならず、様々な工業製品の製造にかかる欠陥検査及び欠陥分類に適用することが可能である。

【0090】

【発明の効果】

本発明によれば、半導体ウェハ製造工程で発生した欠陥を、その欠陥外観に基づき自動分類し、その発生原因の究明のために用いるための有益な情報を提供することができるとともに、各欠陥の製品に対する致命性という欠陥の発生原因とは異なった尺度による欠陥分類を行い、製品着工計画の立案等に必要な製品の歩留まり予測の情報を提供することが可能になる。また、上記分類のための欠陥データベース構築に必要な労力を削減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

半導体の欠陥検査システムの構成を表すブロック図である。

【図2】

従来技術によるADRの処理フローを示す図である。

【図3】

従来技術によるADCの処理フローを示す図である。

【図4】

本発明にかかる画像自動分類装置によるADRのシーケンスを示す図である。

【図5】

(a) 本発明にかかる画像自動分類装置の構成を示すブロック図、(b) 画像撮像部の概略構成を示す正面図である。

【図6】

本発明にかかる画像自動分類装置で行われるADCの処理シーケンスを示す図で

ある。

【図 7】

電位コントラスト欠陥の撮像原理を示すための試料の断面図である。

【図 8】

本発明におけるカテゴリの例を示した図である。

【図 9】

欠陥の種類と表面凹凸の違いを模式的に示した試料の平面図と断面図である。

【図 1 0】

欠陥の種類と得られる左右像を模式的に示した試料の平面と断面に対応する画像である。

【図 1 1】

配線欠陥を模式的に示した試料の平面図である。

【図 1 2】

試料の平面図 (a) (c) (d) と、(a) に対応する画像の信号強度を示す図 (b) である。

【図 1 3】

試料の平面図に対応する電位コントラスト画像である。

【図 1 4】

カテゴリ化を行うためのテーブルの例である。

【図 1 5】

致命及び非致命欠陥を模式的に示した試料の平面図である。

【図 1 6】

異物欠陥についての致命性判定処理のシーケンスを示す図である。

【図 1 7】

致命性判定の処理手順を示す欠陥画像である。

【図 1 8】

分類結果の表示の例を示す表示画面の正面図である。

【図 1 9】

分類結果の表示の例を示す表示画面の正面図である。

【図 2 0】

本発明にかかる画像自動分類装置のカテゴリ構成例である。

【図 2 1】

欠陥例を模式的に示した試料の平面図である。

【図 2 2】

本発明にかかる画像自動分類装置の分類処理シーケンスである。

【図 2 3】

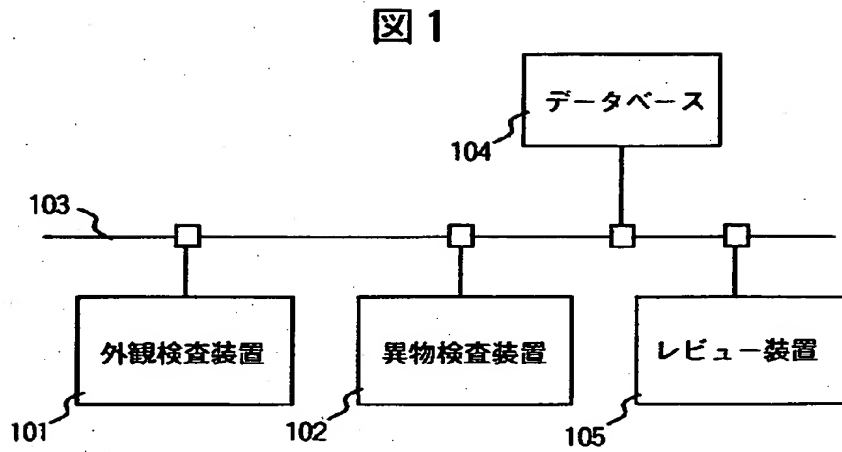
分類結果の表示の例を示す表示画面の正面図である。

【符号の説明】

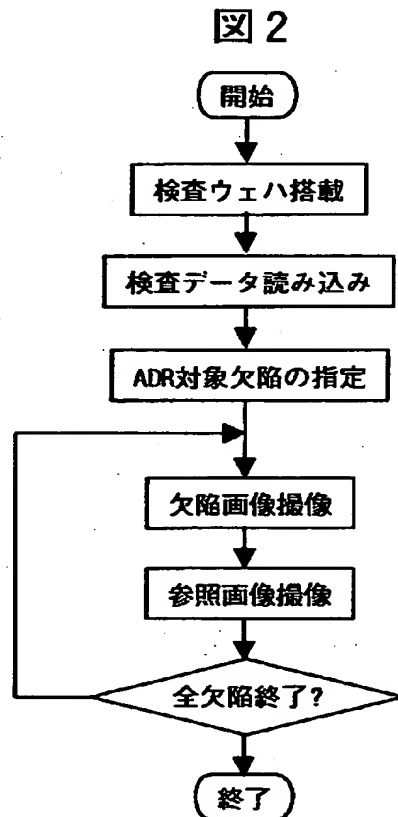
101…外観検査装置、102…異物検査装置、103…ネットワーク、104…データベース、105…レビュー装置、501…画像撮像部、502…全体制御部、503…画像記憶部、504…画像分類部、505…入出力部、551…ウェハ、555…電子ビーム、557…検出器A、558…検出器B、559…検出器C、560…検出器D、561…エネルギーフィルタ、1101…配線パターン、1201…配線部、1202…下地部、1501…異物、1701…長方形エリア、1801…アイコン、1802…カテゴリ表示エリア、1803…ウィンドウ、1901…ウェハマップ、1902…画像表示部、1903…カテゴリ表示エリア、1904…グラフエリア、1905…歩留まり表示エリア

【書類名】 図面

【図 1】

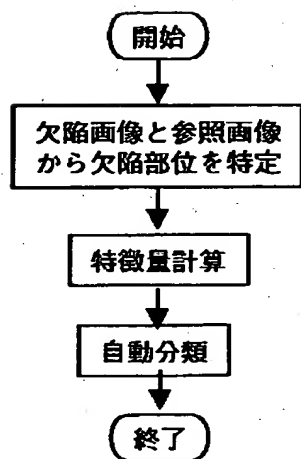


【図 2】



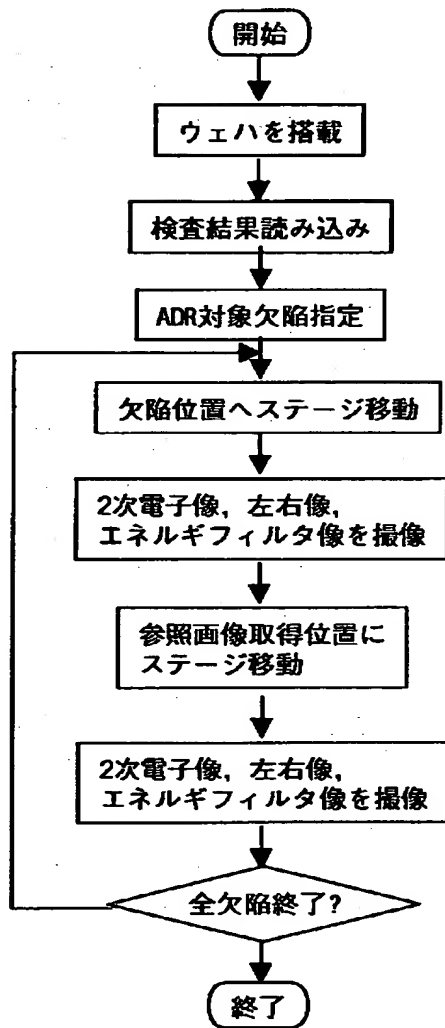
【図 3】

図 3



【図4】

図 4



【図 5】

図 5 (a)

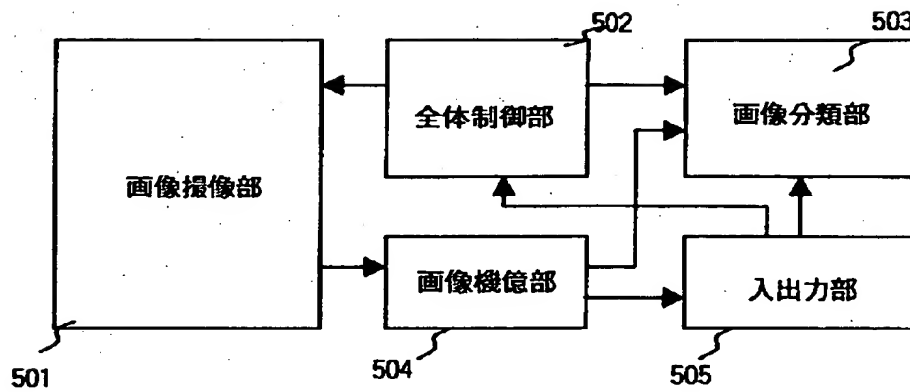
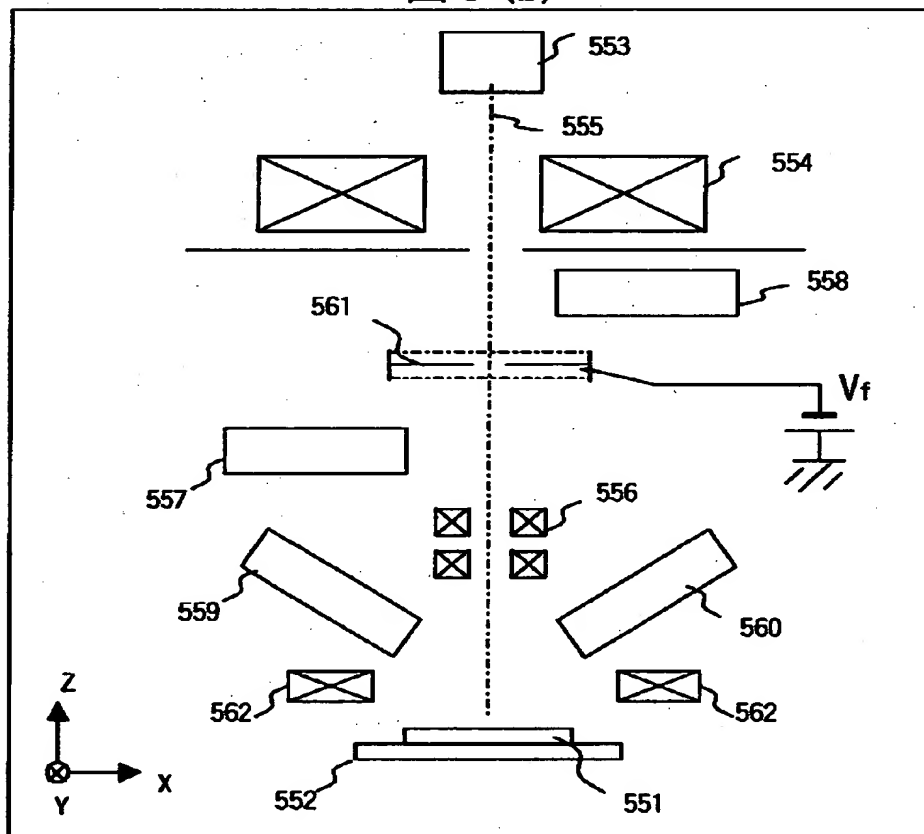
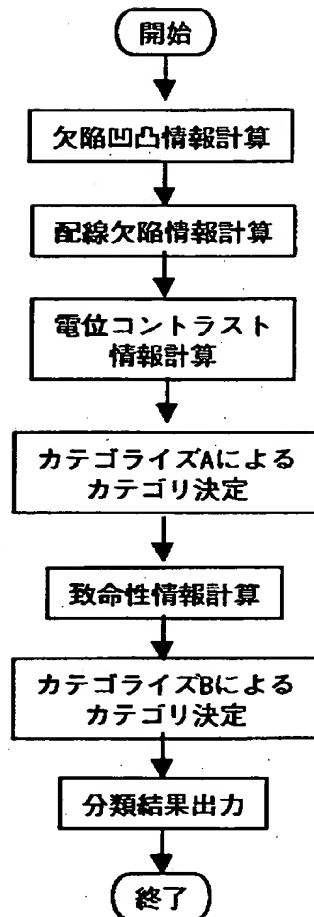


図 5 (b)



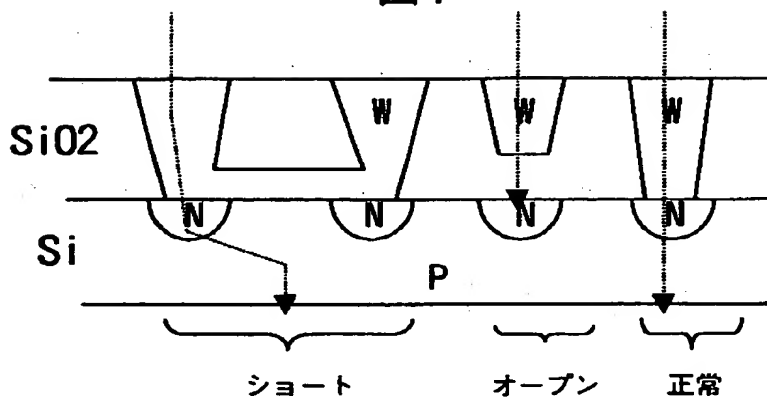
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



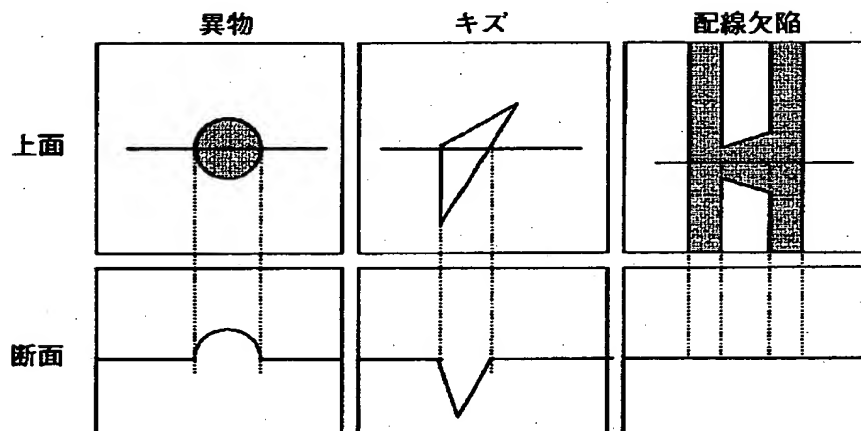
【図8】

図 8

カテゴリ名
異物
キズ
配線欠陥(ショート)
配線欠陥(オープン)
電位コントラスト欠陥(オープン)
電位コントラスト欠陥(ショート)
その他

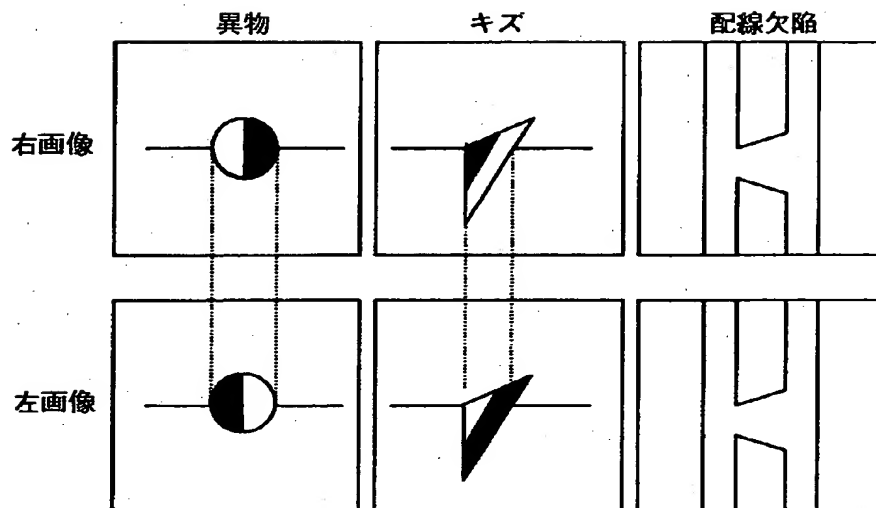
【図9】

図 9



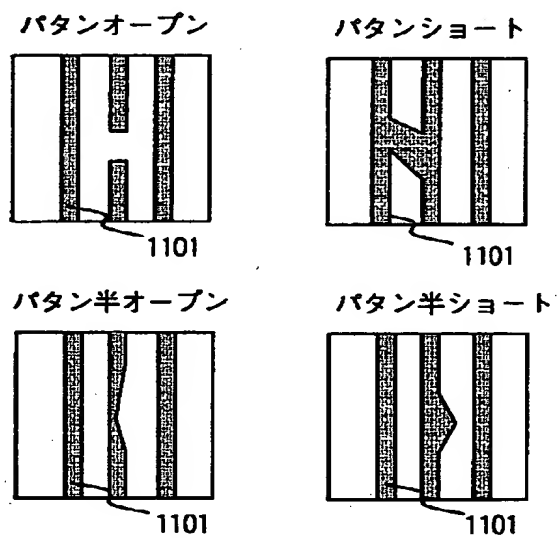
【図 10】

図 10



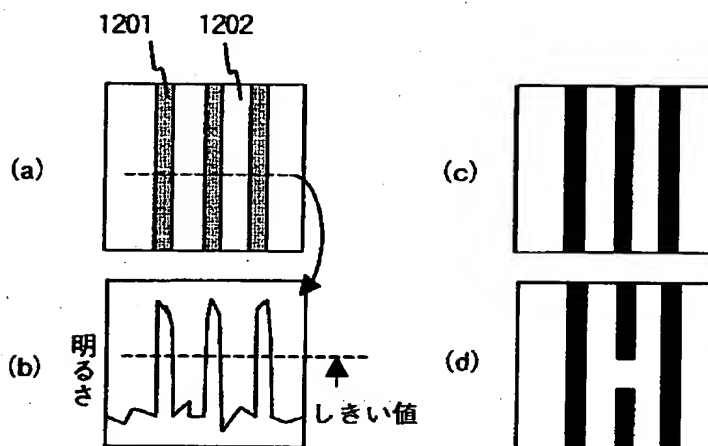
【図 11】

図 11



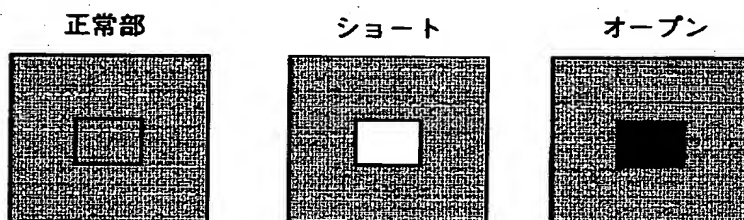
【図 1 2】

図 1 2



【図 1 3】

図 1 3



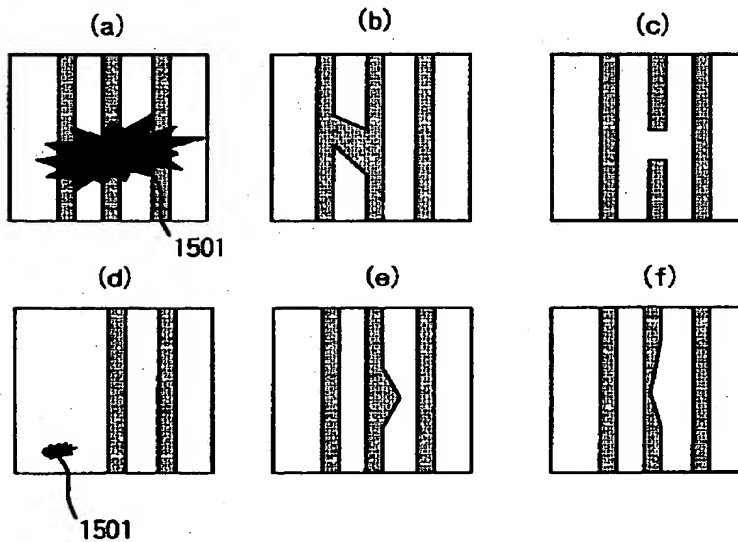
【図 14】

図 14

		凹凸情報		
		凸	凹	それ以外
配線欠陥情報	ショート	異物	キズ	配線欠陥 (ショート)
	半ショート	異物	キズ	配線欠陥 (ショート)
	オープン	異物	キズ	配線欠陥 (オープン)
	半オープン	異物	キズ	配線欠陥 (オープン)

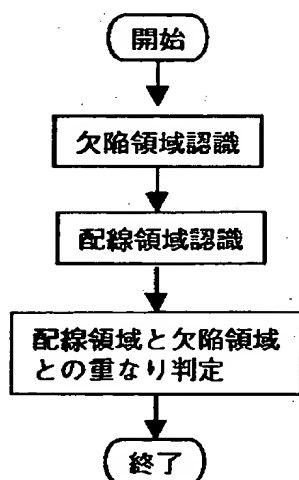
【図 15】

図 15



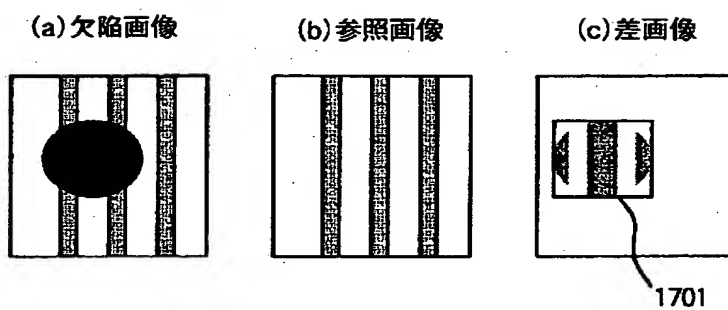
【図16】

図 1 6



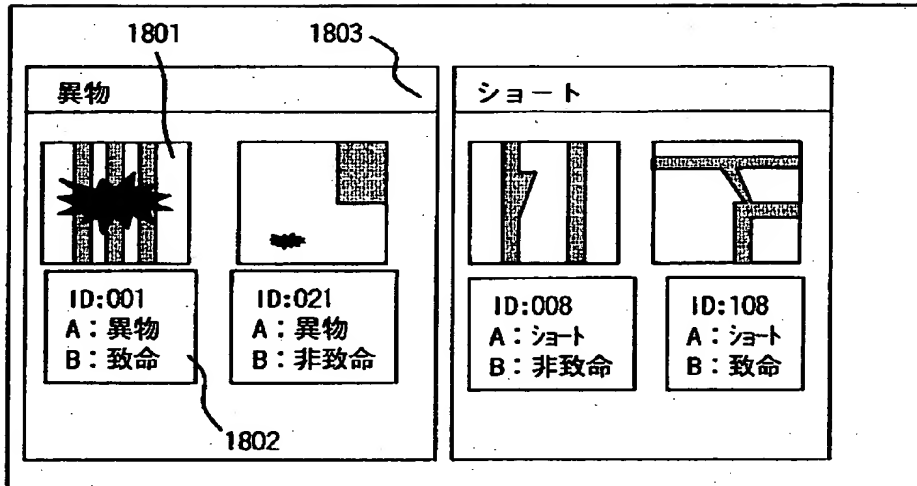
【図17】

図 1 7



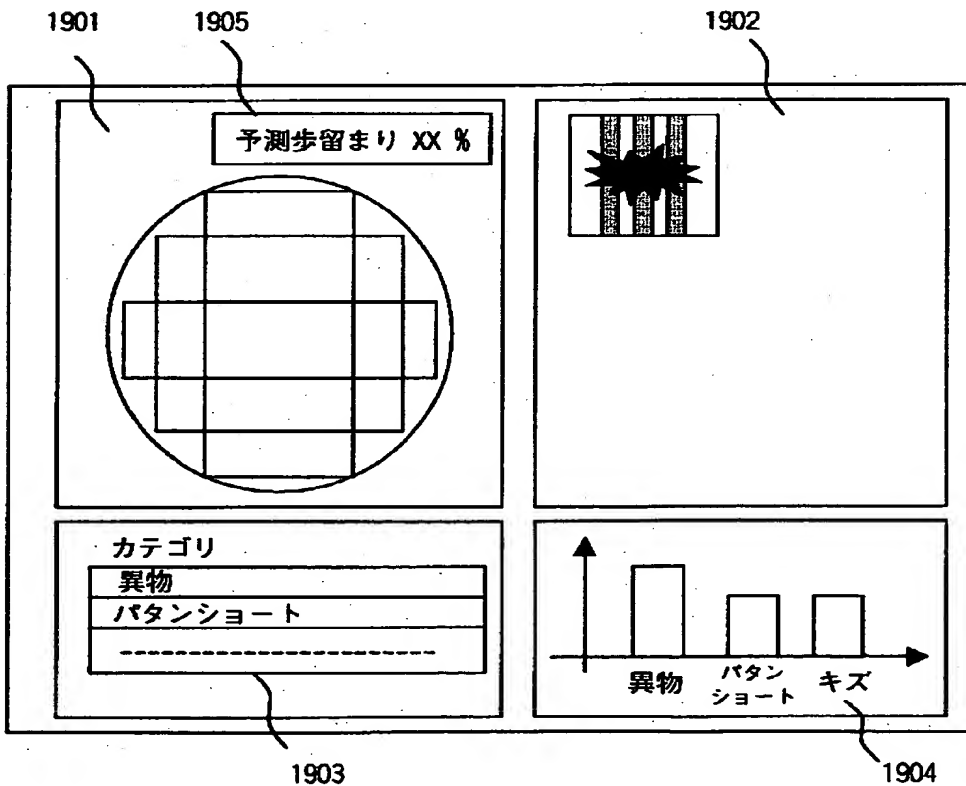
【図 18】

図 18



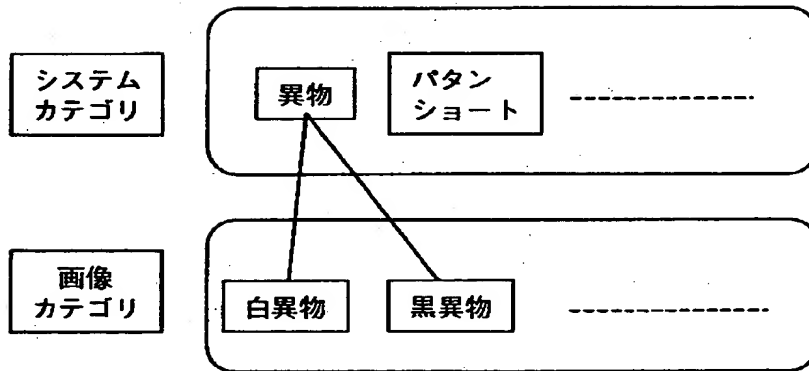
【図 19】

図 19



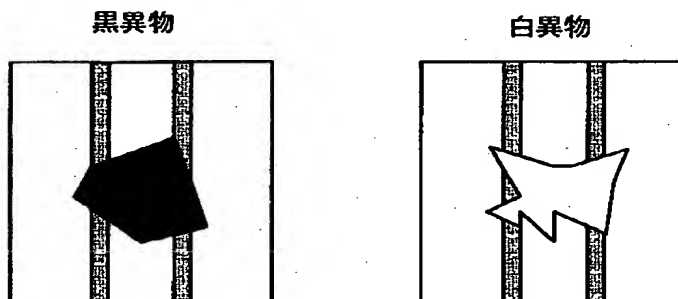
【図 20】

図 20



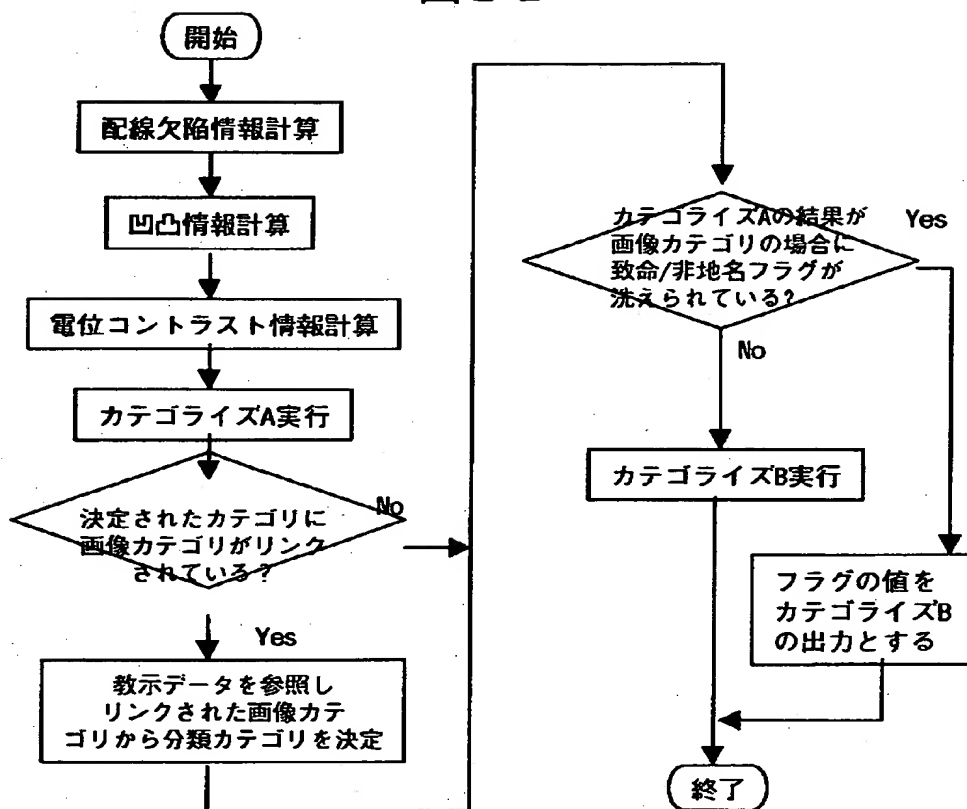
【図 21】

図 21



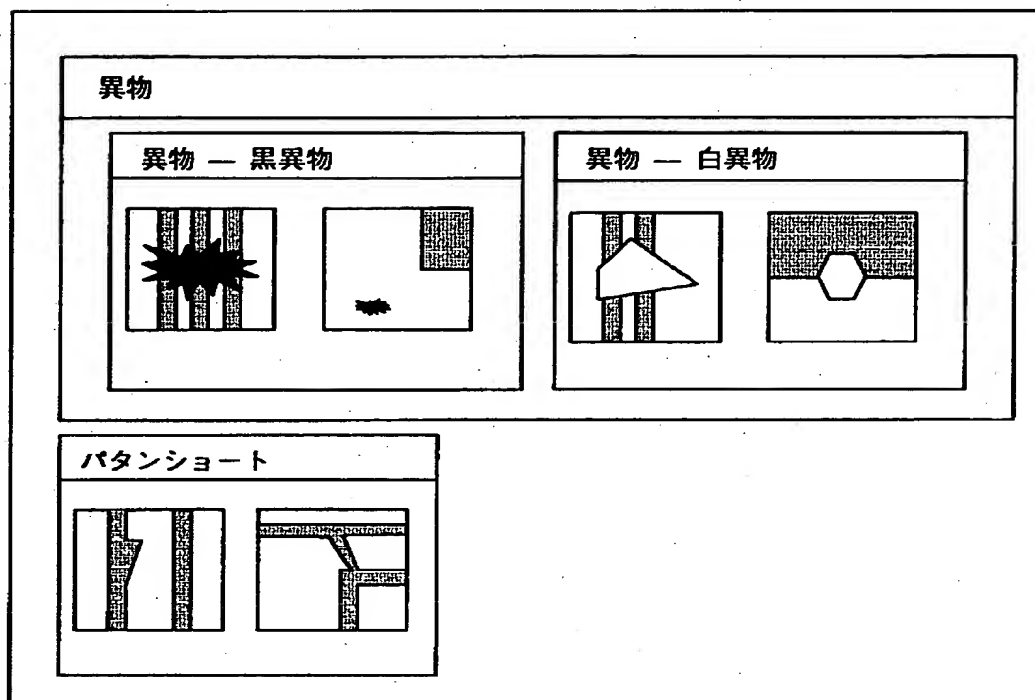
【図 2 2】

図 2 2



【図 23】

図 23



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

欠陥検査装置で検出された半導体ウェハの製造工程で発生した欠陥について、その欠陥部位の画像を用いて、その欠陥の発生原因対策に必要な情報および、該検査ウェハの歩留まりの予測に必要な情報を出力できる画像自動分類方法及びその装置を提供する。

【解決手段】

欠陥分類装置を、被検査対象を撮像する撮像手段と、この撮像手段で撮像して得た画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、この欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第1のカテゴリに分類する第1のカテゴリ分類手段と、欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第2のカテゴリに分類する第2のカテゴリ分類手段と、欠陥候補の画像と第1のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第1のカテゴリ情報と第2のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第2のカテゴリの情報とを出力する出力手段とを備えて構成した。

【選択図】 図5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所